

Механический резонатор может быть выполнен в виде пьезокристалла, мембраны или нити;

– терморезистивные датчики давления. Данный тип датчиков фиксирует изменение сопротивления терморезистивного элемента под воздействием давления. При изменении давления меняется теплопроводность датчика, что приводит к изменению его сопротивления. Терморезистивные датчики изготавливаются из пьезорезистивных материалов: поликристаллический кремний или полисиликон;

– пьезоэлектрические микромеханические датчики давления (рисунок 2) являются разновидностью датчиков, использующих эффект пьезоэлектричества для измерения давления. В этих датчиках используются пьезоэлектрические материалы: кварц, пьезокерамика или пьезополимеры. В результате воздействия давления на эти материалы происходит механическая деформация, вызывающая генерацию электрического заряда, который измеряется и преобразуется в соответствующий давлению электрический сигнал.

Это лишь несколько примеров разновидностей МЭМС-датчиков давления, каждый из которых имеет свои особенности и применяется в различных областях, в зависимости от требований точности, диапазона измерений, компактности и других параметров.

С развитием МЭМС-технологий ожидается появление еще более компактных и мощных датчиков давления. Это позволит улучшить производительность автомобилей, медицинских приборов, мобильных устройств и других технических систем.

МЭМС-датчики давления представляют собой важную и перспективную разработку, которая продолжает прогрессировать и находить большее применение в современном мире.

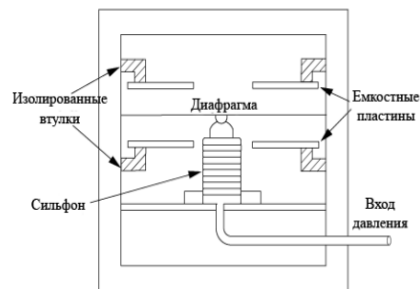


Рисунок 1 – Емкостный датчик давления

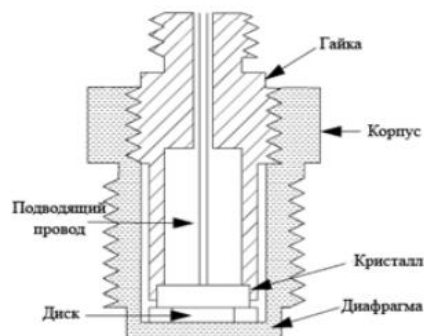


Рисунок 2 – Пьезоэлектрический датчик давления

#### Литература

1. Фрайден, Дж. Современные датчики / Дж. Фрайден. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.

УДК 621.791.03

### ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТОВОДОРОДНОЙ СМЕСИ В ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ И ПРОВОЛОЧНЫХ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ В ИЗДЕЛИЯХ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Галацевич В.В., Петухов И.Б.

ОАО «Планар-СО»  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В данной работе рассматривается применение азотводородной смеси и оборудование для ее подачи в зону обработки в технологии монтажа кристаллов и проволочных межсоединений. Также особое внимание уделено ультразвуковой и вибрационной пайке.

**Ключевые слова:** азотводородная смесь, ультразвуковая пайка, монтаж кристаллов и проволочных выводов, оксидный слой.

### APPLICATION OF NITROGEN-HYDROGEN MIXTURE FOR CHIP BONDING TECHNOLOGY AND WIRE BONDING IN ELECTRONIC DEVICES

Galatsevich V., Petuhov I.

"Planar-SO" joint stock company  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The application of hydrogen-nitrogen mixture and equipment for its supply to the processing zone in the technology of chip and wire bonding are considered. Special attention is also paid to ultrasonic and vibration soldering.

**Key words:** nitrogen-hydrogen mixture, ultrasonic soldering, chip and wire bonding, oxide layer.

Адрес для переписки: Галацевич В.В., Партизанский пр-т, 2-1а, г. Минск, 220033, Республика Беларусь  
e-mail: vika.galatsevich@mail.ru

В данной работе были проведены исследования технологии монтажа кристаллов и проволочных межсоединений, с использованием азотводородной смеси для данных технологий.

В электронной промышленности для монтажа полупроводниковых кристаллов к основаниям корпусов применяют различные методы: пайку припоями и эвтектическими

сплавами, а так жеприсоединение с использованием композитного клея.

Выбор способа монтажа полупроводниковых кристаллов во многом зависит от требований, предъявляемых к проволочным межсоединениям кристалл-корпус, а также методу, применяемому для микросварки выводов на кристалле и корпусе и режимов герметизации приборов. В зоне паяных соединений должны отсутствовать трещины и отслоения покрытия, непропаяные участки для обеспечения протекания больших токов [1].

В данной работе особое внимание уделялось процессам ультразвуковой и вибрационной пайки, а также темрмозвуковому присоединению медной проволоки к контактными площадкам.

Ультразвуковая пайка – это процесс соединения материалов с использованием ультразвуковой энергии. Основой этого процесса является генерация ультразвуковых волн с частотой выше предела слышимости человеческого уха (обычно в диапазоне от 50 кГц до 100 кГц) и их направленное воздействие на поверхность материалов, которые необходимо соединить. Применение ультразвуковой энергии вызывает ряд физических и химических процессов, которые способствуют получению равномерного паяного шва и минимизации выплесков припоя по периферии кристалла.

Ультразвуковые колебания генерируются при помощи ультразвукового преобразователя, который преобразует переменный электрический сигнал в механические колебания. Эти механические колебания передаются через волновод и рабочий инструмент (присоску) с кристаллом, прижимая его к поверхности присоединения.

Ультразвуковые механические колебания создают на границе соединения материалов равномерное растекание припоя или эвтектического спая, выталкивая органические включения на периферию зоны пайки и способствуя этим лучшему смачиванию припоя и качеству пайки.

Вибрационная пайка – это процесс соединения двух компонентов с использованием низкочастотной вибрации и дополнительного нагрева. Эта технология позволяет проводить монтаж кристаллов по методу эвтектической пайки предостаточно высокой температуре рабочей поверхности (310–400 °С) и пайке с использованием оловянно-серебряных припоев при относительно низкой температуре (240–260 °С) к корпусам с никелевым покрытием.

При вибрационной пайке компоненты, которые должны быть соединены, должны быть хорошо очищены от окислов и загрязнений. Это обеспечивает надежное соединение. Компоненты размещаются на месте соединения, при этом обеспечивается нужное положение и ориентация.

Для предотвращения окисления в процессе пайки поверхности должны быть защищены от воздействия окружающей среды. Чаще всего при

этом используется формирующий газ на основе азота и водорода, при этом водород играет роль раскислителя.

Низкочастотные вибрации передаются в обрабатываемые материалы посредством вибрации рабочего инструмента (присоски). Это создает относительные движения между поверхностью кристалла и присоединяемой поверхностью. Высокая температура рабочей зоны образует эвтектический сплав кремния и покрытия основания корпуса (обычно золотое), и вибрация инструмента способствует образованию равномерного паяного шва. Получаемые эвтектические соединения кремния и золота отличаются высокой прочностью получаемых соединений.

Метод ультразвукового присоединения проволоки к контактными площадкам, основан на одновременном действии температуры, ультразвуковых колебаний и давления. Особого внимания заслуживает метод «шарик-клин»: присоединение проволоки к контактной площадке происходит оплавленным кончиком проволоки в шарик [2]. Основным преимуществом данного присоединения является возможность получения присоединения разнородных материалов.

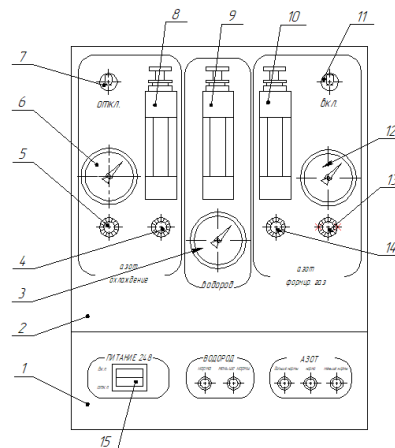


Рисунок 1 – Блок формирования газовой смеси:  
1, 2, 15 – панели, 3, 6, 12 – манометры, 4, 14 – краны (дрессели), 5, 13 – регуляторы давления, 7, 11 – тумблеры включения, 8, 9, 10 – ротаметры, 15 – тумблер

Процесс соединения проволоки способом «шарик-клин» осуществляется в несколько этапов: формирование шарика, контактирование и предварительная деформация, ультразвуковое и термическое воздействие. Весьма важным этапом является формирование шарика, которое происходит посредством расплавления проволоки искровым разрядом между электродом разрядника и концом проволоки. Материалами для выводов могут послужить золото, алюминий и его сплавы с кремнием и магнием и медь. Использование любого из перечисленных материалов имеет свои преимущества и недостатки [3].

Для обеспечения необходимой смачиваемости припоя и предотвращения окисления в процессе пайки применяется инертный газ или азотноводородная смесь, включающая в себя 10%-ный водород и 90%-ный азот. При ультразвуковом приедении медной проволоки данная смесь состоит из 95 % азота и 5 % водорода.

С помощью азотноводородистой смеси не только происходит удаление окисла с кристалла и подложки, но также с ее помощью можно произвести обезжиривание поверхности и удаление остатков флюса. В методе «шарик-клин» присоединения медной проволоки данная смесь способствует получению правильной формы шарика, при этом скорость подачи смеси имеет важное значение. В случае недостаточного или избыточного расхода смеси происходит образование асимметричных шариков.

Азотноводородистая смесь подается в зону обработки с помощью специального оборудования.

В данном случае использовался блок формирования газовой смеси, который представлен на рисунке 1. Он обеспечивает подачу азотноводородистой смеси с заданными пропорциями азота и водорода. Это позволяет обеспечить надежное соединение кристалла с подложкой и защитить соединяемые поверхности от окисления.

#### Литература

1. Зенин, В.В. Монтаж кристаллов и внутренних выводов в производстве полупроводниковых изделий / В.В. Зенин. – Воронеж, 2013. – 10 с.
2. Петухов, И.Б. Оптимизация ультразвуковой системы в технологии присоединения медной микропроволоки в изделиях электроники / И.Б. Петухов, В.Л. Ланин // Ультразвук: проблемы, разработки, перспективы: материалы научно-технической конференции. Уфа, 25–29 сент. 2017. – Уфа : БашГУ, 2017. – 62 с.
3. Ланин, В.Л. Термозвуковое присоединение медной проволоки к контактным площадкам / В.Л. Ланин, И. Петухов // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2011. – № 2 (00031). – 132 с.

УДК 681.586

### ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ С ЕМКОСТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Довгаль М.И., Люцко К.С.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Датчик давления с емкостным преобразователем – это устройство, которое измеряет давление жидкости или газа с помощью изменения емкости конденсатора. Датчик давления с емкостным преобразователем имеет высокую точность, надежность и долговечность, а также может работать в широком диапазоне температур и частот.

**Ключевые слова:** датчики, емкостной преобразователь.

### PRESSURE SENSOR WITH CAPACITIVE TRANSDUCER

Dovgal M., Liutsko K.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** A capacitive pressure transducer is a device that measures the pressure of a liquid or gas by changing the capacitance of a capacitor. The pressure transducer with a capacitive transducer is highly accurate, reliable and durable, and can operate over a wide range of temperatures and frequencies.

**Key words:** sensor, capacitive transducer.

*Адрес для переписки: Довгаль М. И, пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь  
e-mail: max\_dovgal@mail.ru*

Значительную роль в системах контроля и управления играет давление. В качестве тактильных датчиков, для распознавания формы или определения силы захвата, а также в качестве привода в последние годы особый интерес к датчикам давления проявляется в робототехнике.

Для всех этих систем необходимо создание оборудования, где основными компонентами являются датчики давления. Они предоставляют информацию о давлении газов и жидкостей, помогающих определить правильное функционирование механизмов, машин и систем, обеспечивающих функционирование процессов.

Широкий спектр предъявляемых требований (зависящий от производства, транспортировки

или научных исследований) привел к разнообразию применяемых датчиков. Это разнообразие связано с тем, что понятие «давление» охватывает большой диапазон значений: от глубокого вакуума до сверхвысокого давления. Давление выражается в абсолютных (относительно вакуума) или относительных (относительно атмосферного давления) величинах. Измерение давления связано с различными средами и жидкостями, характеристики которых разнообразны [1].

Одним из распространенных видов датчиков давления являются емкостные (датчики давления с емкостным преобразователем). (емкостные датчики давления). Принцип их работы основан на изменении емкости в зависимости от при-